

预处理 + 超滤技术处理饮用水

张捍民¹, 王宝贞², 张 威³

(1. 大连理工大学 环境科学与工程学院 大连 116012;

2. 哈尔滨工业大学 市政与环境工程学院 哈尔滨 150090;

3. 大连市教委基建办公室 大连 116021)

摘要:在查阅了大量的国内外文献资料基础上,主要介绍了超滤技术及预处理应用于饮用水净化的研究。尽管超滤是一种去除病原微生物(病原菌、病毒和病原原生动物)有效的消毒工艺,但因它的截留分子量比较高,去除天然有机物相对无效。试验证明,适当的预处理可使超滤膜不仅能去除天然水中大量颗粒状物质,同时也可去除溶解性有机物及 THMFP。

关键词:超滤;预处理;截留分子量;粉末活性炭

中图分类号:X52 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-1264(2001)05-0048-03

Treatment of Drinking Water

by Ultrafiltration and Pretreatment + ultrafiltration Technology

ZHANG Han-min¹, WANG Bao-zhen², ZHANG Wei³

(1. School of Environ. Sci. and Technol., Dalian Univ. of Technol., Dalian 116012, China;

2. School of Municipal & Environmental Engineering Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

3. Dalian City Education Committee, Dalian 116021, China)

Abstract: On the basis of reviewing domestic and foreign references concerned the recent status of ultrafiltration and pretreatment for drinking water purification are presented in this paper. Although ultrafiltration is an efficient disinfection process for removing pathogenic microorganisms such as bacteria, viruses and parasites, it is relatively ineffective in removing the natural organic matter because of its high-molecular-weight cutoff. Experiment demonstrate that, with the proper pretreatment, ultrafiltration can remove not only the majority of particulate matter from a natural water but also a large fraction of dissolved organic matter and THMFP.

Key words: ultrafiltration; pretreatment; molecular weight cutoff; powdered activated carbon

近年来,超滤技术广泛应用于处理地表水及地下水^[1],尽管超滤膜比其它的膜工艺(如反渗透)截留分子量大,因而无法有效地截留溶解性小分子物质,但超滤膜可以有效去除颗粒状物质,而且超滤工艺所需操作压力较低,使运行费用降低;另外,超滤工艺可结合适当的预处理工艺,使小分子污染物质以某种方式形成颗粒状态,从而被超滤工艺去除^[2]。

1 超滤技术处理饮用水研究

Taylor 等人^[3]比较 MWCO 在 2 000-40 000 范围内的不同超滤膜,发现 MWCO 比较低的膜去除地下水中的溶解性有机碳(DOC)去除率在 57% 左右, MWCO 比较高的膜 DOC 的去除率仅在 5% 左右。Schnoor 等人^[4]发现, Iowa 湖中分子量低于 3 000 Daltons 的溶解性有机物约占 90%, Laine 等人指出, Dacatur 湖中分子量低于 1 350 Daltons 的

溶解性有机物约占 60%^[5], Collins 等人^[6]检测了几个湖和水库的水,发现分子量低于 5 000-10 000 的天然有机物具有很高的百分比。这些资料指出,超滤膜去除天然有机物的效果不理想,除非超滤膜具有很低的截留分子量。但截留分子量太小,透水通量下降,运行压力会上升。经济运行的超滤膜要求截留分子量大于 10,000 Daltons。

超滤膜渗透出水浊度可始终保持在 0.05 NTU 以下,此外,大肠杆菌和异养菌的去除效果也很好,认为是由于超滤膜孔径小于所有的细菌大小,因此,病原菌是可以完全去除的^[7]。不过,病毒不能保证完全去除,因为病毒的尺寸太小^[8]。

2 预处理 + 超滤技术处理饮用水研究

使超滤膜可以可靠地去除天然有机物及合成的有机化合物,必须有预处理。预处理可以以某种方式使低分子量物质形成颗粒状态,然后利用

具有高效去除颗粒状物质能力的超滤膜来去除。通常用粉末活性炭(PAC)或颗粒活性炭(GAC)来去除天然水中的溶解性有机物质,特别是引起气味和味道的低分子量化合物。作为超滤预处理的PAC可以使溶解性有机物质转变为可过滤的颗粒状物质,典型的PAC颗粒直径在10~50 μm ,比典型的超滤膜孔径大几个数量级^[9]。Randtke^[10]指出,在GAC之前再加混凝工艺,一般可以改善GAC的效能,因为增加了吸附容量和炭活性;混凝可以去除颗粒物质,这种物质能够阻塞炭床,去除的高分子化合物会阻挡小分子化合物进入炭内微孔的通道。Laine等人^[11]采用Dacatur湖中取得的天然水作为试验用原水,研究了两种膜及三种预处理方式的处理效果。处理效果见表1。

表1 有机物质及浊度的去除

项目	NPOC mg/L	UV ₂₅₄	浊度 NTU
原水	6.14	1.621	4.9
疏水性膜 A			
无预处理	3.55	0.710	0.05
混凝	2.27	0.477	0.05
PAC	0.99	0.082	0.05
PAC—混凝	0.72	0.059	0.05
亲水性膜 B			
无预处理	3.53	0.821	0.05
混凝	2.87	0.506	0.06
PAC	0.94	0.078	0.05
PAC—混凝	0.72	0.059	0.05

由表1可知,不论预处理采取何种方式,两种膜对浊度的去除效果相似,预处理不能促进浊度的去除,但预处理可以明显地降低通过超滤膜的有机物质总量。单用超滤膜仅可去除不吹除有机碳(nonpurgeable organic carbon)的40%,而混凝和PAC预处理分别可去除NPOC的60%和85%,PAC与混凝的组合可明显增强NPOC的去除效果,证明絮凝不会干扰炭的吸附。单用超滤膜对UV在254 nm处可吸收物质的去除具有较高的去除率,可知,高分子量有机物质更易被UV吸收。混凝预处理之所以比PAC预处理与单用超滤比较所增长的有机物去除效果相对较低的原因在于,混凝可在去除高分子量化合物方面具有更好的效果,但高分子量化合物的大部分单用超滤即可去除,因此混凝仅能使超滤膜对NPOC和UV₂₅₄的去除效果有微小的增长;PAC对NPOC和UV₂₅₄的去除效果很好,因为PAC对单用超滤无法去除的低分子量化合物比混凝有更好的去除效果。

由图1可以看出,单用超滤膜虽可去除NPOC的40%,但对三卤甲烷前驱物质(THMFP)却几乎没有去除效果,Schnoor等人^[4]指出,THMFP主要

是由低分子量有机物引起的。预处理可以增强对THMFP的去除,混凝+超滤约可去除30%的THMFP,而PAC+超滤约可去除85%,可见,PAC确可有效地去除低分子量有机物质。

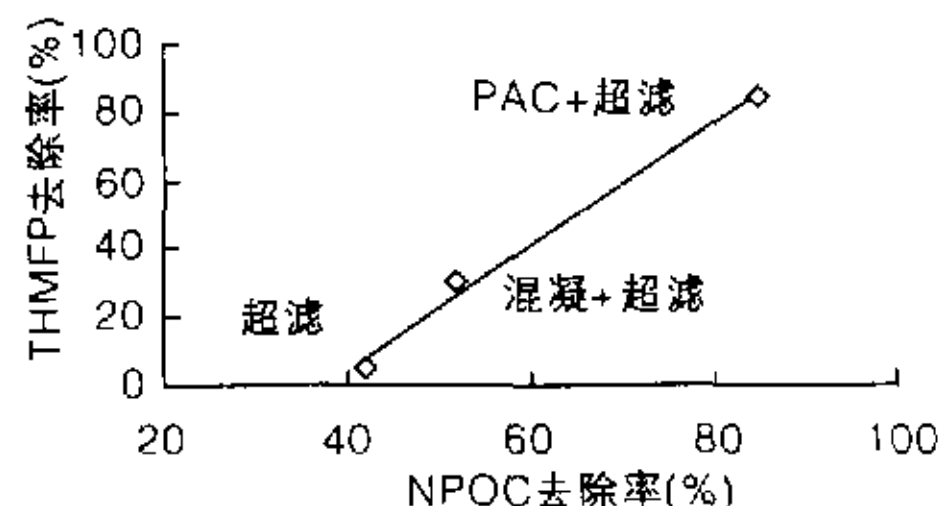


图1 THMFP去除率与NPOC去除率之间的关系

Laine等人^[11]还分别考察了疏水性膜和亲水性膜的膜通量变化及反冲洗后膜通量的恢复情况。由图2可见,疏水性膜的膜污染比亲水性膜的膜污染要严重得多,这证明了疏水性膜比亲水性膜更易受有机物质吸附和污染的影响,由此可见,膜材质是影响膜性能的一个重要因素。

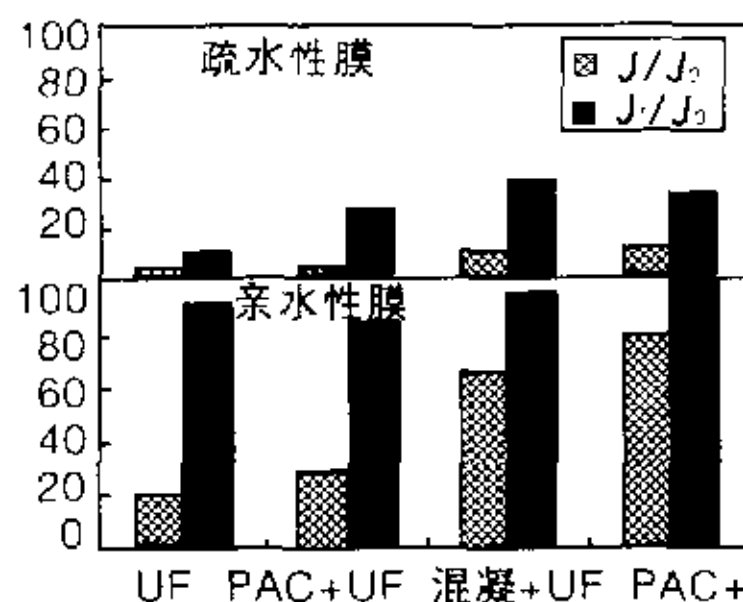


图2 预处理对膜通量及反冲洗后膜通量恢复情况的影响

图中: J 表示试验结束时的膜通量 J_0 表示试验初期膜的清水通量 J_1 表示试验结束后经反冲洗后的膜通量

由图2知,无论膜材质如何,预处理都会改善膜的渗透通量。预处理使疏水性膜在反冲洗后膜通量得到较好的恢复,而亲水性膜在有预处理的情况下,通量取得明显的改善,无论采取哪一种预处理方式,亲水性膜都具有好的通量恢复性能。

PAC与超滤膜联用系统在实际中已取得广泛应用,在法国这种联用系统已达到工业化规模。PAC-超滤膜系统中原水与PAC首先进入到混合反应池,通过机械搅拌作用使PAC与水充分接触,而后,混合液由泵打入过滤循环管路,通过超滤膜渗透水产生。循环管路中认为PAC浓度是均匀的,循环管路中较高的循环流量保证了PAC的完全混合。运行中,通过泵提供必要的压力和循环,脉冲吸收器依靠泵的阻尼脉冲来维持恒定的循环流量,通过变动渗透压力来维持恒定的渗透出水量,从而更好的控制水力停留时间和PAC停留时间。水力停留时间由循环管路(包括混合反应器和管道)的水量分流确定,PAC从系统中的

去除由混合反应器中浓缩液的连续排放实现,混合反应器中浓缩液的排放量控制着 PAC 的平均停留时间。PAC 的投加量与进水流量成比例,混合反应器中浓缩液的排放也采用相同方式,这两个参数自动控制。渗透压力升高至一定程度时进行反冲洗,反冲洗水中可投加清洗液来抑制膜面上的生物活性。混合液循环停止,反冲洗水在压力作用下反向通过膜,冲洗下来的滤饼在未到达混合反应器之前的循环管道中排放掉。

PAC 与超滤膜联用是膜技术领域的最新发展。PAC 直接浸入膜反应器中,可以保证 PAC 与被处理水的良好接触,而净水厂中现存的澄清池和砂滤池可以较方便地改造为 PAC 与超滤膜联用的处理池。

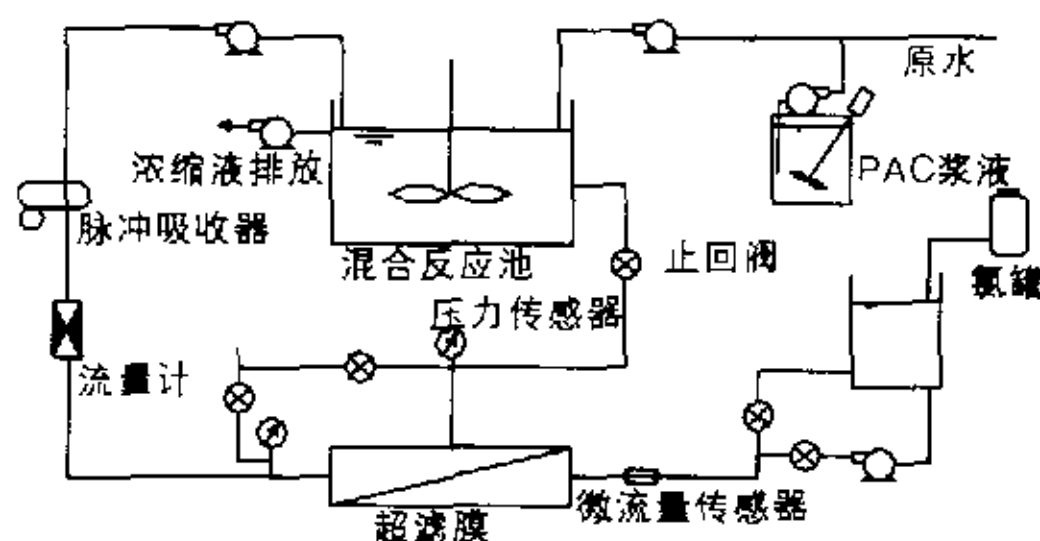


图3 PAC-超滤膜系统示意图

3 结语

超滤膜可截留水中绝大部分悬浮物、胶体,而且是一种有效的消毒工艺,但对去除溶解性小分子物质基本无效,妨碍了超滤技术在饮用水处理中的应用;采用适当的预处理措施,使溶解的小分子污染物转变成颗粒状态,从而可被超滤工艺

去除。国内外大量试验及事实证明,PAC+超滤联用系统是比较理想的。

参考文献

- [1] FIESSINGER F, ET AL. Megatrends in Water Treatment Technologies[J]. Water Res. Quarterly, 1986, (12): 82-87.
- [2] WIESNER M, CLARK M, MALLEVIALLE J. Membrane Filtration of Coagulated Suspensions[J]. Envir. Engrg, 1989, 115(1): 20-40.
- [3] TAYLOR J S, THOMPSON D M, CARSWELL J K. Applying Membrane Processes to Groundwater Sources for Trihalomethane Precursor Control[J]. AWWA, 1987, 79(8): 72-82.
- [4] SCHNOOR J L, et al. Trihalomethane Yields as a Function of Precursor Molecular Weight [J]. Envir. Sci. & Technol, 1979, 13(9): 1134-1141.
- [5] LAINE J M, et al. Effect of Ultrafiltration Membrane Composition [J]. AWWA 1989, 81(11): 61-67.
- [6] COLLINS M R, AMY G L, KING P H. Removal of Organic Matter in Water Treatment [J]. Envir. Engrg, 1985, 111(6): 850-864.
- [7] JACANGELO J G, et al. Assessing Hollowfiber Ultrafiltration for Particulate Removal[J]. AWWA, 1989, 81(11): 68-81.
- [8] BROCK T D, MADIGAN M T. Biology of Microorganisms[N]. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1988.
- [9] FANE M C, FELL C J D, WATERS, A. G. The Relationship Between Membrane Surface Pore Characteristics and Flux for Ultrafiltration Membranes[J]. Membrane Sci, 1981, 9: 245-252.
- [10] RANDTKE S J. Organic Contaminant Removal by Coagulation and Related Processes[J]. AWWA, 1988, 80(5): 40-56.
- [11] LAINE J M, CLARK M M, MALLEVIALLE J. Ultrafiltration of Lake Water: Effect of Pretreatment on Organic Partitioning, THMFP, and Flux[J]. AWWA, 1990, 82(12): 82-87.

作者简介:张捍民(1973-),女,山东人,大连理工大学环境科学与工程学院,工学博士,讲师,研究方向为水污染控制。

(上接第47页)

检出限为0.25 μg ,所以该方法检出限低,灵敏度高。质控样0770116铬水标样和ESS-4土标样测定值均在合格范围内。样品2个加标样回收95%-105%之间,5个样品精度,质控样0770116,ESS-4精度均 $\leq 3\%$ 。

3.2 讨论

(1)用烧瓶代替三角瓶消解样品。鉴于土壤样品量少,消解液体积小,烧瓶底部与电炉接触小,底部容量大,颈长,保证回流充分,使消解更完全,更省时间。

(2)此方法尽可能利用水和废水检测6价铬的试剂。如把二版中10%尿素1 mL改为20%尿素0.5 mL,把0.25%二苯碳酰二肼丙酮溶液改为0.04%二苯碳酰二肼酒精溶液。

(3)减少操作步骤:本方法将消解液离心改为

定容放置一夜至溶液澄清。又将定容后消解液10 mL置于25 mL比色管中代替烧杯,置于水浴煮沸。以6价铬的理论曲线代替总铬工作曲线,在保证质量基础上简化操作步骤,并能检测大批量样品。该方法步骤简单,同时也减少玻璃仪器的使用量,省时,省力,使实验更快捷,简便,准确。

参考文献

- [1] 国家环保局.水和废水监测分析方法[M].第三版,北京:中国环境科学出版社,1989.159.
- [2] 刘光崧.土壤理化分析与剖面描述[M].北京:中国标准出版社,1996.79.
- [3] 城乡建设环境保护部环境保护局.环境监测分析方法[M].第二版,北京:中国环境科学出版社,1986.281.

作者简介:崔桂贤(1965-),女,河北省枣强县人,现任天津市环境监测中心化分室主管工程师,多年从事环境监测分析工作,曾在天津地质学会杂志发表论文并获好评。